

# Algoritmo GR02: Detección del Potencial de Granizo en Sudamérica

## Documento Introductorio: Descripción básica

José Manuel Gálvez<sup>1</sup> y Néstor Santayana<sup>2</sup>

1. SRG for NOAA/NWS/NCEP/WPC, College Park, Maryland, USA

2. INUMET, Montevideo, Uruguay

23 de octubre de 2019

### RESUMEN

El GR02 es un algoritmo diseñado para ayudar con la detección del potencial de granizo en el centro de Sudamérica. Enfatiza el índice Lifted, la velocidad vertical entre 700 y 300 hPa y la diferencia de temperatura entre 700 y 500 hPa para detectar el potencial de granizo. Se incluye la divergencia en entre 400 y 200 hPa, que estimula ascensos. Asimismo, el GR02 grafica la convergencia del flujo de razón de mezcla en la capa 950-700 hPa y razón de mezcla mayor a 1 g/kg en 500 hPa, que estimulan el crecimiento del granizo. Se grafican asimismo el promedio de viento de 925 y 850 hPa para identificar chorros de capas bajas; y el promedio de viento de 250 y 200 hPa para identificar chorros de altura. Ello permite evaluar el rol de ambos sistemas en la estimulación de ascensos y en la generación de cizalla vertical del viento. El GR02 ha sido validado cualitativamente en Sudamérica desde su implementación en línea en setiembre de 2019 y los resultados preliminares son satisfactorios. El GR02 ha demostrado capturar bastante bien las áreas de riesgo de granizo en base a varios eventos ocurridos en Uruguay, Argentina, Paraguay y Brasil.

### Lista de contenidos

1. ¿Qué es el GR02?
2. ¿Qué debe considerarse para pronosticar granizo?
3. ¿Cómo interpretar el GR02?

### 1. ¿Qué es el GR02?

El GR02 es un algoritmo diseñado para ayudar con la detección del potencial de granizo en el centro de Sudamérica, al aplicarlo a salidas de modelos numéricos de predicción del tiempo. Se desarrolló usando salidas del modelo GFS operacional (<https://www.emc.ncep.noaa.gov/GFS/>), implementado el 12 de junio de 2019. Se usó el software Wingrids para su programación (disponible en línea en <http://winweather.org>). El GR02 ha implementado experimentalmente en corridas operacionales del modelo GFS usando Wingrids V5, disponibles en línea a través de: [https://www.wpc.ncep.noaa.gov/international/wng/09\\_CSA/index.shtml](https://www.wpc.ncep.noaa.gov/international/wng/09_CSA/index.shtml).

El GR02 es una versión actualizada y mejorada del algoritmo GR01 (Gálvez y Santayana, 2015; disponible en línea en: [https://www.wpc.ncep.noaa.gov/international/internal/FORECAST\\_MACROS/HAIL/](https://www.wpc.ncep.noaa.gov/international/internal/FORECAST_MACROS/HAIL/)).

## 2. ¿Qué favorece la ocurrencia de granizo?

El granizo se forma en nubes cumulonimbo que contienen corrientes ascendentes intensas en la capa de formación de granizo. Esta capa suele ubicarse en la tropósfera media, justo por encima del nivel de engelamiento o isoterma 0°C. En esta capa, las gotas de agua sobre enfriada se adhieren fácilmente a las partículas de hielo existentes, haciéndolas crecer. Mientras más intensa la corriente ascendente: (1) mayor la saturación y el vapor de agua disponible para el crecimiento de la piedra; y (2) mayor el tiempo de residencia de la piedra dentro de la nube, al no poder caer libremente a la superficie, lo que hace que tenga mayor tiempo para crecer.

Las variables meteorológicas principales que favorecen el granizo, son ascensos intensos y saturados en la capa de agua sobre enfriada que suele ubicarse entre 0°C y -20°C. En variables del modelo, ascensos intensos en esta capa son favorecidos por inestabilidad entre 700 y 500 hPa, inestabilidad de la superficie a 500 hPa (Índice Lifted) y ascensos dinámicos en la columna. En la cuenca del Río de la Plata, los ascensos promediados entre 300 y 700 hPa del modelo GFS hacen que el GR02 se ajuste mejor a las áreas de ocurrencia de granizo. En términos de humedad, favorecen razones de mezcla mayores a 2g/kg en 500 hPa, que suele ubicarse cerca de la capa de agua sobre enfriada. La convergencia de humedad en niveles bajos aporta humedad, favorece ascensos y puede disparar/iniciar convección.

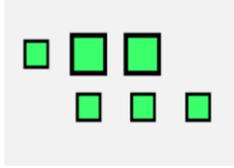
## 3. ¿Cómo interpretar el GR02?

El GR02 grafica cajas de colores donde identifica un potencial de granizo. Los colores se relacionan a la intensidad de las corrientes ascendentes que puedan desarrollarse. Cajas verdes sugieren potencial marginal de granizo, cajas rojas ubicadas dentro de contornos rojos sugieren potencial moderado; y cajas fucsia ubicadas dentro de contornos fucsia sugieren corrientes ascendentes intensas y potencial alto de granizo.

El tamaño de la caja se relaciona indirectamente al tamaño del granizo. Es función de la diferencia termal entre 700 y 500 hPa ( $\Gamma_{700-500}$ ) o "lapse rate" en inglés.  $\Gamma_{700-500}$  describe la inestabilidad en la tropósfera media: mientras más inestable, más intensa la corriente ascendente y mayor el potencial de que el granizo crezca.  $\Gamma_{700-500} > 16^\circ\text{C}$  sugiere que la tropósfera media es inestable y se grafican cajas pequeñas.  $\Gamma_{700-500} > 20^\circ\text{C}$  sugiere una capa muy inestable y favorable para ascensos intensos; y se grafican cajas grandes.

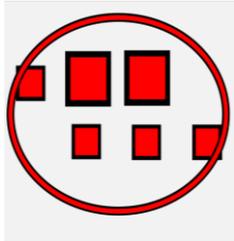
Notar que las cajas se grafican sólo en regiones favorables para convección húmeda profunda (RCHP), que deben definirse de antemano. El GR02 considera como RCHP cuando el agua precipitable (PWAT) es mayor a 20mm, el índice Lifted (LI) es menor a -0.5°C y los ascensos promediados entre 700 y 300 hPa ( $\text{OMGA}_{700-300}$ ) son mayores a  $10^{-2} \text{ Pa s}^{-1}$ . PWAT aporta información sobre contenido de humedad de la columna favorable para convección húmeda, LI sobre inestabilidad favorable para convección profunda, y  $\text{OMGA}_{700-300}$  sobre ascenso dinámico en la capa favorable para la formación y crecimiento del granizo.

## Interpretación de los colores de las cajas:



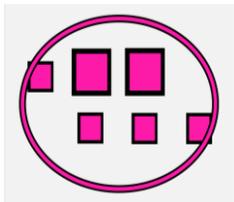
### Cajas verdes: Potencial MARGINAL de granizo y tiempo severo.

Indican que la tropósfera media es inestable, pero que la columna entre la superficie y 500 hPa no es tan inestable; y/o los ascensos dinámicos entre 700 y 300 hPa no son importantes.



### Cajas y contorno rojo: Potencial MODERADO de granizo y tiempo severo.

Se grafican cuando están presentes los tres ingredientes que favorecen ascensos intensos: tropósfera media inestable (cajas), pero además índice Lifted menor a  $-3^{\circ}\text{C}$  que sugiere una tropósfera baja también inestable; y ascensos entre 700 y 300 hPa mayores a  $2 \times 10^{-2} \text{ Pa s}^{-1}$ . Se acompañan de un contorno rojo que marca la región donde existen estas tres condiciones.

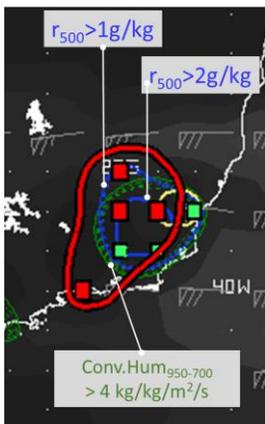


### Cajas y contorno fucsia: Potencial ELEVADO de granizo y tiempo severo.

Similar a la categoría de potencial moderado, pero esta categoría considera un índice Lifted menor a  $-6^{\circ}\text{C}$ , lo que indica una tropósfera baja muy inestable. Al igual que la categoría anterior, considera ascensos entre 700 y 300 hPa mayores a  $2 \times 10^{-2} \text{ Pa s}^{-1}$ .

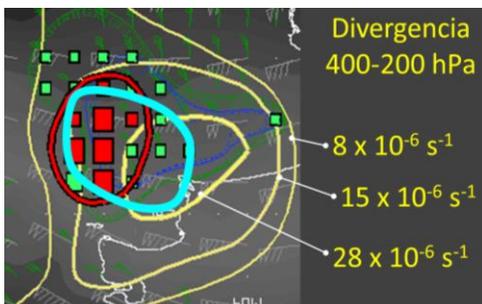
Cajas que queden fuera de los contornos sugieren que el potencial de ascensos violentos es marginal, y de ocurrir granizo tenderá a ser aislado. Son regiones de menor confianza, a no ser que la forzante dinámica favorezca ascensos intensos.

## Otras variables del algoritmo



### Razón de mezcla en nivel medio (azul) y convergencia del flujo de razón de mezcla en nivel bajo y medio (verde)

Los contornos azules indican razón de mezcla  $> 1 \text{ g/kg}$  en la capa de 500 hPa. Valores  $> 2 \text{ g/kg}$  se grafican con una línea sólida y gruesa. Valores altos de razón de mezcla favorecen granizo al estimular el crecimiento de la piedra por disponibilidad elevada de vapor de agua. Los contornos verdes muestran convergencia de razón de mezcla en la capa 950-700 hPa  $> 4 \text{ kg kg}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Estos estimulan los ascensos húmedos que alimentan las tormentas desde los niveles bajos de la tropósfera y pueden disparar convección. Al igual que las cajas, los contornos azules y verdes se grafican solo en RCHP, que es donde el GR02 reconoce un potencial de convección húmeda profunda.



### Divergencia en altura – contornos amarillos

Muestran divergencia en la capa 400-200 hPa, o tropósfera alta. Indican ambientes favorables para ascensos dinámicos. De intersectarse con las áreas favorables para granizo, resaltan el potencial. En el ejemplo, el mayor potencial de granizo ocurriría dentro del contorno celeste grueso. No es parte del algoritmo pero se ha usado para indicar donde habría mayor riesgo: en el área fucsia pero extendiéndose hacia la región de mayor divergencia.

## Flujo

También se incluye el flujo de nivel bajo y el de altura. El objetivo es evaluar si la dinámica de flujo puede ser favorable o no para granizo. En el flujo de capas bajas, se grafican las barbas promedio de viento de 925 y 850 hPa mayor a 25kt, para evaluar el rol de la corriente en chorro y otras fuentes de convergencia en nivel bajo. En gris se grafican las barbas de viento promedio de 250 y 200 hPa, para evaluar el rol de las corrientes de chorro de altura en los ascensos. Las isotacas se indican en grises sombreados. Evaluar el flujo de nivel bajo y alto ayuda también a evaluar la cizalla de manera cualitativa.

## Resumen de parámetros:

### Potencial de granizo

<b>Cajas fucsia en contorno fucsia</b>	Elevado
<b>Cajas rojas en contorno rojo</b>	Moderado a elevado
<b>Cajas verdes</b>	Marginal

### Potencial de severidad convectiva

<b>Contorno Fucsia</b>	Elevado
<b>Contorno Rojo</b>	Moderado a elevado

### Dinámica y humedad

<b>Amarillo</b>	Divergencia en nivel alto (400-200 hPa)
<b>Azul</b>	Razón de mezcla en nivel medio (500 hPa)
<b>Verde</b>	Convergencia de humedad en nivel bajo-medio (950-700 hPa)

### Viento

<b>Gris</b>	>60kt en niveles altos (250-200 hPa)
<b>Verde</b>	>25kt en niveles bajos (925-850 hPa)

## Agradecimientos

Agradecimientos especiales a Manuela Sánchez (SMN, Argentina) por apoyo constante en la validación e ideas para mejorar el GR02; y por organizar y comunicar la retroalimentación de pronosticadores en Argentina. Agradecimientos especiales también a Mike Davison (NOAA/NWS/WPC) por sus ideas, motivación y apoyo para implementar el GR02 operacional. Agradecimientos también a meteorólogos de Uruguay, Brasil y Paraguay por contribuir con datos e imágenes para la validación del GR02.

## Referencias

Galvez y Santayana, 2015: GR01: Algoritmo para la detección del potencial de granizo en Sudamérica.